

# **BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA EN EL PROYECTO DEL CENTRO DEL ADULTO MAYOR DE SAN JOSE DE CHIQUITOS, BOLIVIA**

**Sandra Bestraten Castells\* - Emilio Hormias Laperal\*\***

\*Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. Diagonal 649-651, 08028 Barcelona, ESPAÑA

\*Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universitat Internacional de Catalunya  
Immaculada 22, 08017 Barcelona, ESPAÑA  
Teléfono +34 932 637 924  
email: [sandra.bestraten@upc.edu](mailto:sandra.bestraten@upc.edu); [sbestraten@uic.es](mailto:sbestraten@uic.es)

\*\*Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. Doctor Marañón 44, 08028 Barcelona, ESPAÑA  
Teléfono +34 932 637 924  
email: [emilio.hormias@upc.edu](mailto:emilio.hormias@upc.edu)

## **1. Patrimonio edificado y técnicas de construcción con tierra. Tradición, innovación y nuevos métodos de conservación.**

tierra, bloque de tierra comprimida (BTC), ensayos

## **RESUMEN**

Desde el año 2000 la asociación UNIVERSITAT SENSE FRONTERES - USF, con el apoyo de la UNIVERSIDAD POLITÈCNICA DE CATALUNYA, lleva a cabo un programa integral de cooperación al desarrollo en la región de la Chiquitania – Bolivia, declarada en 1990 Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Con la voluntad de reforzar el importante patrimonio local, los proyectos de cooperación realizados se conciben utilizando materiales locales como el adobe y la madera, así como introduciendo mejoras tecnológicas tanto en los procesos de producción como en su posterior colocación en obra, todo ello a través de un proceso de participación de los agentes locales.

Durante el año 2011 USF ha realizado la construcción de un Centro de Atención al Adulto Mayor en la población boliviana de San José de Chiquitos. Para su realización se ha optado por la utilización de bloque de tierra comprimida BTC como material para los muros de carga. Para la definición de las características del bloque de tierra a utilizar se realiza un programa exhaustivo de ensayos previo a la producción, los resultados de los mismos son los que se exponen en la presente comunicación.

## **PONENCIA.**

### **1.- Introducción**

En el transcurso del año 2011, la asociación UNIVERSITAT SENSE FRONTERES lleva a cabo la construcción de un centro de atención para personas mayores en el pueblo de San José de Chiquitos, en el entorno de las misiones jesuíticas de la Chiquitania, Bolivia. Éste se emplaza en el mismo solar en qué anteriormente la asociación ya había construido una guardería pública en colaboración con el Ayuntamiento local.

La construcción de nuevos equipamientos por parte de la cooperación mediante la utilización de técnicas locales brinda la oportunidad a los agentes de cooperación de colaborar en la revalorización de la arquitectura autóctona (fig. 1) y, por ende, de la identidad

y la cultura del lugar. Por eso es importante que los proyectos de cooperación incorporen criterios de intervención en clara coherencia con el lugar, pero con voluntad de innovación y modernización de las técnicas locales.

El Centro de Atención al Adulto Mayor (fig. 2), es un edificio de planta rectangular de aproximadamente 250m<sup>2</sup>. Se opta por la utilización del bloque de tierra comprimida (BTC) como elemento principal en la estructura vertical y cerchas de madera en la cubierta. La cimentación se realiza con hormigón ciclópeo. Previamente a la fabricación de los bloques de tierra comprimida de los muros de carga, se considera necesario la caracterización del material tierra, estudiando su composición así como la relación agua cemento óptimas.



Fig. 1.- Iglesia de San Miguel de Velasco, construida íntegramente con tierra y madera. Fuente: Universitat Sense Fronteres.

Fig. 2.- Imagen exterior Centro de Atención al Adulto Mayor. Fuente: Universitat sense Fronteres.

## 2.- Proceso de elaboración de los bloques para los ensayos

### 2.1 Selección de la tierra

La tierra utilizada fue la tierra local, comúnmente llamada "Tierra Colorada". Para comprobar su idoneidad se realizan las pruebas tal como se describen en el manual *Blocs de terre comprimee, Volume II. Manual de Conception et de construction* (1). Consisten en la realización de 4 comprobaciones sencillas para determinar la composición de la tierra basadas en: oler, tocar y lavar la tierra; realizar manualmente un cilindro y observar cómo parte; realizar una pastilla y observar cómo rompe; y realizar un proceso de sedimentación en un recipiente con agua para observar la dosificación. Estos ensayos se corroboraron con ensayos granulométricos que determinan que la tierra puede clasificarse según el sistema de clasificación Internacional USCS como Arenas Limosas SM: Mezclas de arenas y limos mal graduadas.

### 2.2 Determinación de la cantidad de agua óptima

Según el manual mencionado anteriormente (1), la cantidad de agua óptima en cada mezcla es la que permite una densidad mayor del material. Con este objetivo se realizan diferentes mezclas añadiendo agua progresivamente hasta detectar un descenso de la densidad de la mezcla. Cada mezcla consta de 120 litros de mezcla seca (2 carretillas) y una dosificación de cemento del 4% (6,25 kg). La cantidad inicial de agua fue de 8 litros, aumentando progresivamente hasta 17 litros. Tal como muestra la figura 3, en las mezclas realizadas con 16 y 17 litros se detecta una disminución del peso y, por tanto, se opta por utilizar 15 litros como contenido óptimo de agua en la obra y en el resto de probetas analizadas.

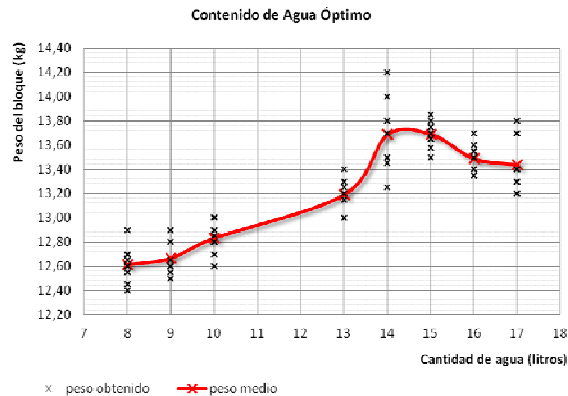


Fig. 3.- Relación entre el peso de los bloques respecto a la cantidad de agua utilizada en la mezcla. Fuente: Universitat sense Fronteres. Proyecto Final EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

### 2.3 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de los bloques se realiza mediante series de mezclas con diferentes propiedades. Igual que en el caso anterior, cada serie consta de 120 litros de mezcla seca, 15 litros de agua y un porcentaje variable de cemento del 4%, 5%, 8% o 10%. Para la fabricación se utiliza una máquina de prensado de accionamiento manual tipo Cinva-Ram (figura 4) donde se coloca la tierra previamente tamizada. El tamaño de los bloques realizados es de 31,5 x 15,5 x 13 cm, definido por el tamaño de la máquina disponible.



Fig. 4.- Proceso de fabricación y curado húmedo de Bloque de Tierra Comprimida. Fuente: Universitat sense Fronteres - USF. Proyecto Final de Grado EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

### 2.4 Proceso de curado húmedo y seco

Tras la fabricación de los bloques, es necesario que transcurra un tiempo de curado, en el que el bloque es secado y adquiere sus capacidades mecánicas. Este proceso puede realizarse mediante lo que denominamos un curado húmedo o un curado seco.

El proceso de curado húmedo consiste en mantener los bloques húmedos, colocándolos bajo algún elemento impermeable que evite una evaporación rápida del agua contenida en el bloque así como humedeciendo los bloques sin chorro directo entre 3 y 4 veces al día. El curado seco consiste en dejar los Bloques a la intemperie sin humedecerlos. En el caso que aquí se trata, se realizaron variaciones en los tiempos de curado seco y de curado húmedo, combinando 3 días de curado húmedo y 11 de curado seco; 5 días de curado húmedo y 9 de curado seco; y 7 días de curado húmedo y 7 siete de curado seco.

### 3.- Ensayos mecánicos realizados en Bloques de Tierra Comprimida (BTC)

Los ensayos se realizan durante el periodo de obra destinado a la construcción de los cimientos ciclópeos del edificio previo a la construcción de los muros de carga de BTC. Se define un plan de ensayos exhaustivo de los bloques de tierra con el objetivo de optimizar dosificaciones y características de los bloques a fabricar para su colocación en obra.

Se consideran los siguientes parámetros: El porcentaje de cemento, la cantidad de agua de la mezcla y el tiempo de curado. Los ensayos consisten en analizar la resistencia a compresión de un total de 61 probetas en las que se varían los diferentes parámetros. El ensayo a compresión consiste en la compresión mediante prensa hidráulica de un bloque de BTC entre los días 23 y 27 de curado. Los periodos de rotura adoptados, que no son los habituales de 28 días, vienen marcados por la disponibilidad de la prensa. (figura 5).



Fig. 5.- Proceso de ensayo a compresión simple de Bloque de Tierra Comprimida en laboratorio de la empresa COBOCE. Fuente: Universitat sense Fronteres USF. Laura Tejero López.

Los resultados obtenidos mediante este ensayo se muestran en la siguiente tabla (tabla 1):

id	Peso seco	Curado húmedo	Curado seco	Curado total	Agua	Cemento	Carga		Área	Resistencia
	kg	días	días	días	litros	%	KN	Kg	mm2	N/mm <sup>2</sup>
1	11,732			26	16	4	116,1	11842,2	48825	2,38
2	11,925			27	8	4	124,3	12678,6	48825	2,55
3	11,988	3	11	26	15	4	128,6	13117,2	48825	2,63
4	11,845			27	8	4	130	13260	48825	2,66
5	11,994	7	7	26	15	4	126	12852	48825	2,58
6	12,259	7	7	26	15	4	162,7	16595,4	48825	3,33
7	11,907	5	9	26	15	4	116,2	11852,4	48825	2,38
8	12,066	5	9	26	15	4	143	14586	48825	2,93
9	11,412			26	9	4	107,5	10965	48825	2,20
10	11,426			26	10	4	98,6	10057,2	48825	2,02
11	11,769	3	11	26	15	4	118,7	12107,4	48825	2,43
12	11,935	3	11	26	15	4	134,5	13719	48825	2,75
13	11,363			26	16	4	84,2	8588,4	48825	1,72
14	11,677			26	10	4	136,7	13943,4	48825	2,80
15	12,086	5	9	26	15	4	133,3	13596,6	48825	2,73
16	11,982			26	16	4	145,2	14810,4	48825	2,97
17	11,671			26	14	4	123,2	12566,4	48825	2,52
18	11,697			26	14	4	113,5	11577	48825	2,32



id	Peso seco	Curado húmedo	Curado seco	Curado total	Agua	Cemento	Carga		Área	Resistencia
	kg	días	días	días	litros	%	KN	Kg	mm2	N/mm <sup>2</sup>
19	11,609			27	8	4	112,1	11434,2	48825	2,30
20	11,923			26	14	4	129	13158	48825	2,64
21	12,095	7	7	26	15	4	130,3	13290,6	48825	2,67
22	12,076	7	7	26	15	4	143	14586	48825	2,93
23	12,129	3	11	26	15	4	145,7	14861,4	48825	2,98
24	11,606			26	9	4	120,3	12270,6	48825	2,46
25	11,799			26	10	4	163,5	16677	48825	3,35
26	12,039	3	11	23	15	5	149,9	15289,8	48825	3,07
27	12,223	3	11	23	15	5	193,7	19757,4	48825	3,97
28	12,453	3	11	23	15	5	183,6	18727,2	48825	3,76
29	12,486	7	7	23	15	5	203	20706	48825	4,16
30	12,386	5	9	23	15	5	199,1	20308,2	48825	4,08
31	12,727	3	11	23	15	5	217,6	22195,2	48825	4,46
32	12,298	5	9	23	15	5	175	17850	48825	3,58
33	12,159	5	9	23	15	5	167,9	17125,8	48825	3,44
34	12,445	7	7	23	15	5	177,2	18074,4	48825	3,63
35	12,354	5	9	23	15	5	192,5	19635	48825	3,94
36	12,104	7	7	23	15	5	181,8	18543,6	48825	3,72
37	12,225	5	9	23	15	8	228,5	23307	48825	4,68
38	12,58	5	9	23	15	8	236,6	24133,2	48825	4,85
39	12,551	7	7	23	15	8	265,7	27101,4	48825	5,44
40	12,447	7	7	23	15	8	235,9	24061,8	48825	4,83
41	12,404	3	11	23	15	8	232,4	23704,8	48825	4,76
42	12,364	5	9	23	15	8	245,8	25071,6	48825	5,03
43	12,701	5	9	23	15	8	265,1	27040,2	48825	5,43
44	12,529	3	11	23	15	8	243,1	24796,2	48825	4,98
45	12,196	3	11	23	15	8	224,6	22909,2	48825	4,60
46	12,115	7	7	23	15	8	241,8	24663,6	48825	4,95
47	12,471	7	7	23	15	8	255,3	26040,6	48825	5,23
48	12,621	3	11	23	15	8	271,3	27672,6	48825	5,56
49	12,058	3	11	23	15	10	254,6	25969,2	48825	5,21
50	12,047	7	7	23	15	10	295,4	30130,8	48825	6,05
51	12,131	7	7	23	15	10	279,7	28529,4	48825	5,73
52	12,171	5	9	23	15	10	288,6	29437,2	48825	5,91
53	11,689	5	9	23	15	10	229,5	23409	48825	4,70
54	12,971	5	9	23	15	10	245,7	25061,4	48825	5,03
55	11,912	7	7	23	15	10	241,9	24673,8	48825	4,95
56	11,985	7	7	23	15	10	243,8	24867,6	48825	4,99
57	12,023	7	7	23	15	10	230,3	23490,6	48825	4,72
58	12,058	3	11	23	15	10	273,4	27886,8	48825	5,60
59	12,023	3	11	23	15	10	255,3	26040,6	48825	5,23
60	11,959	3	11	23	15	10	261,3	26652,6	48825	5,35
61	11,885	5	9	23	15	10	250,3	25530,6	48825	5,13

Tabla 1.- Resultados obtenidos mediante ensayo de compresión simple. Fuente Universitat sense Fronteres USF. Proyecto Final de Grado EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

Tal como se puede observar en la tabla se han considerado 4 porcentajes diferentes de cemento: 25 probetas al 4%, 11 probetas al 5%, 12 probetas al 8% y 13 probetas al 10%.

En las probetas con un porcentaje del 4% de cemento también se realizan variaciones en el contenido de agua por mezcla realizada. Se realizan 3 probetas con 8 litros de agua, 2 probetas con 9 litros de agua, 3 probetas con 10 litros de agua, 3 probetas con 14 litros de agua, 11 probetas con 15 litros de agua y 3 probetas de 16 litros de agua. En el resto de probetas se mantiene en 15 litros de agua por mezcla.

Finalmente, con un tiempo total de curado de 14 días, se varía el tiempo de curado seco y de curado húmedo. En 16 probetas se realizan 3 días de curado húmedo y 11 días de curado seco, en 15 probetas se han realizado 5 días de curado seco y 9 días de curado húmedo y en 16 probetas se realizan 7 días de curado seco y 7 días de curado húmedo.

De cada probeta, a los 23 días de forma genérica, se obtiene el peso seco, el área (común en todas las probetas) y la carga de rotura. Mediante estos datos se determina la resistencia a compresión como el cociente entre la carga de rotura y el área del bloque.

## 5.- Análisis de los resultados obtenidos

### 5.1 En relación a la cantidad de agua utilizada en el proceso de fraguado del BTC:

La figura 6 muestra la relación entre la cantidad de agua utilizada en la mezcla y la resistencia de la probetas sometidas a ensayo de compresión. En el presente caso de estudio, los resultados obtenidos, no permiten determinar una relación específica entre ambos parámetros, cantidad de agua y resistencia. Habría que ampliar la muestra para acabar de determinar si realmente no existe ninguna relación.

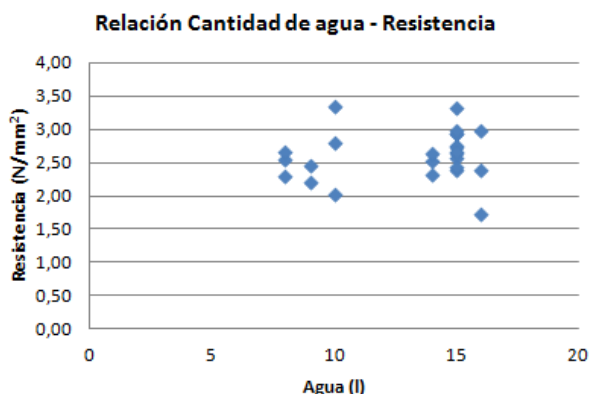


Fig. 6.- Resistencia a rotura de las probetas con una dosificación de cemento del 4% en relación a la cantidad de agua utilizada en la mezcla. Fuente: Universitat sense Fronteres - USF. Proyecto Final de Grado EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

### 5.2 En relación al peso del BTC:

El peso seco de las probetas analizadas varía entre 11,363 kg y 12,727kg, mostrando una variación de peso máxima del 12%. La densidad de los bloques de tierra comprimida ensayados varia entre los 1.800 kg/m<sup>3</sup> hasta unos 2.000 kg/m<sup>3</sup>, que están por encima de los 1.700 kg/m<sup>3</sup> que se cita en la bibliografía para el BTC. (2)

Tal como muestra la figura 7 se puede observar una relación de proporcionalidad entre la densidad de la muestra y su resistencia a la compresión. Si, por ejemplo, aumentamos en un kilogramo el peso de un bloque con una composición del 4% de cemento, su resistencia puede aumentar hasta en 1,5N/mm<sup>2</sup>, aproximadamente un 80%. A su vez, la pendiente de la recta de regresión es casi la misma con independencia del porcentaje de cemento presente en el bloque sea de 4%, 5% o 8%.

Este hecho muestra la importancia de la elaboración de un plan de Control de Calidad en la fabricación de los bloques y corrobora la idoneidad del criterio utilizado en la definición de la cantidad óptima del porcentaje de agua utilizada en la mezcla.

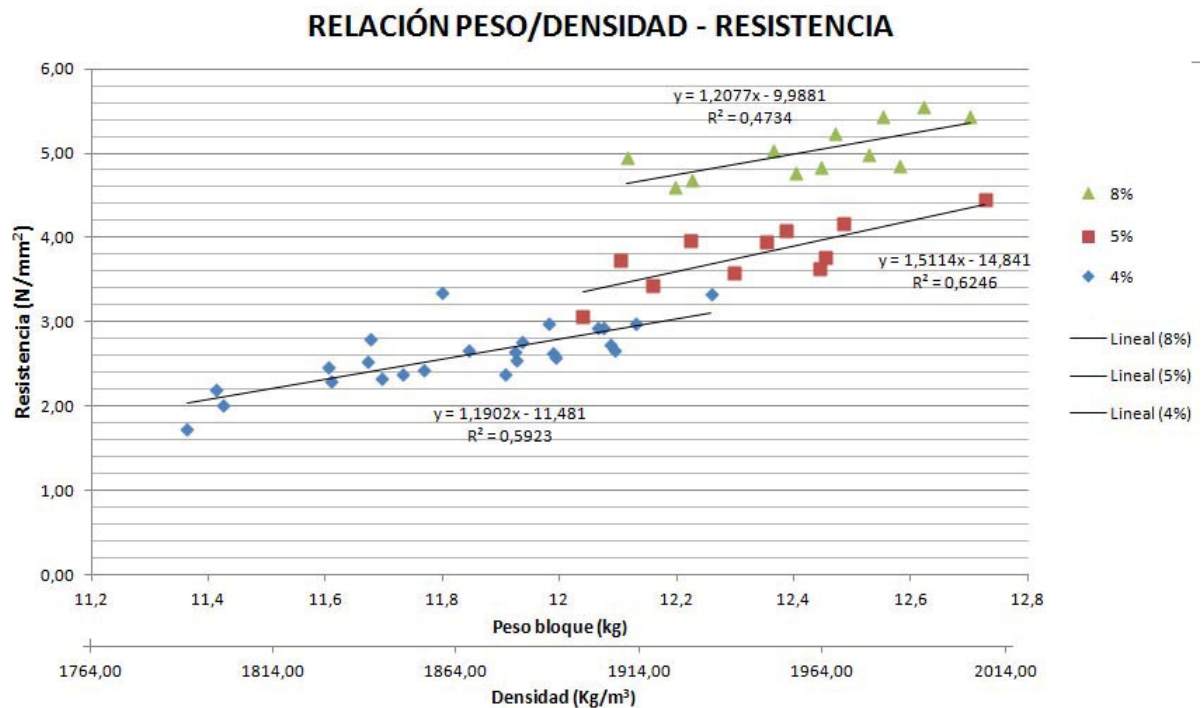


Fig. 7.- Resistencia a rotura de las probetas en relación al peso y la densidad del bloque. Fuente: Universitat sense Fronteres USF. Proyecto Final Grado EPSEB-UPC Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

### 5.3 En relación al porcentaje de cemento:

Los resultados obtenidos muestran una relación clara entre el porcentaje de cemento y la resistencia a compresión. En la figura 8 se muestran las resistencias obtenidas en cada probeta en función del porcentaje de cemento. Sobre ellas se ha realizado una regresión lineal mediante el método de los mínimos cuadrados. Tal como puede observarse existe un aumento sustancial de la resistencia de los Bloques a medida que se aumenta el porcentaje de cemento. Si consideramos las resistencias medias obtenidas, para valores de 4% de cemento, obtenemos una resistencia media de 2,66 N/mm<sup>2</sup>, para un 5% de cemento obtenemos 3,87 N/mm<sup>2</sup>, para un 8% de cemento obtenemos 5,13 N/mm<sup>2</sup>, y para valores del 10% de cemento obtenemos una resistencia media de 5,38 N/mm<sup>2</sup>.

En cuanto a la resistencia característica, obtenemos 2,06 N/mm<sup>2</sup> para un 4% de cemento, 3,13 N/mm<sup>2</sup> para un 5% de cemento, 4,69 N/mm<sup>2</sup> para un 8% de cemento y 4,79 N/mm<sup>2</sup> para un 10% de cemento. Apoyándonos en los datos de la figura 9, puede deducirse que no existe una relación lineal entre ambos parámetros, sino que a medida que aumenta el porcentaje de cemento, el aumento de la resistencia a compresión es menor, coincidiendo con los parámetros expuestos en el Tratado de Construcción con Tierra de Craterre (3).

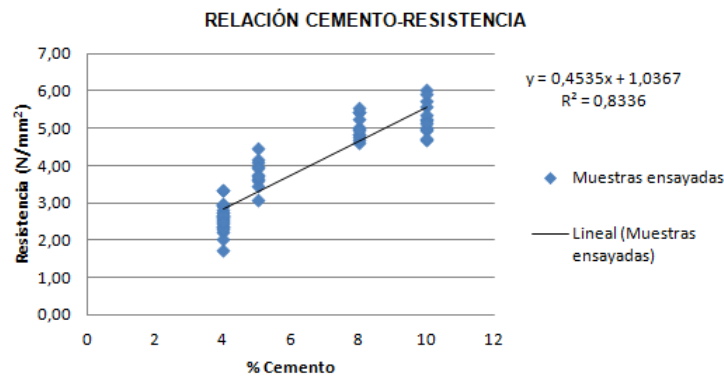


Fig. 8.- Relación Cemento-Resistencia. Elaboración de una regresión lineal mediante el método de los mínimos cuadrados. Fuente: USF. Proyecto Final de Grado EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

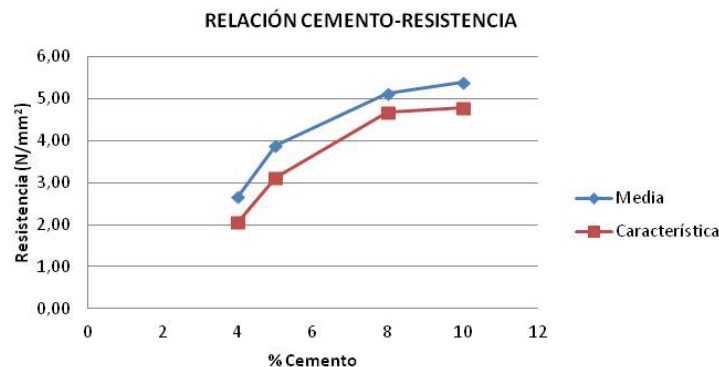


Fig. 9.- Relación Cemento-Resistencia media/característica. Fuente: Universitat sense Fronteres USF. Proyecto Final de Grado EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

Estos hechos pueden mostrar que para bajos contenidos de cemento (alrededor del 4-5%) la variación del contenido de cemento influye sustancialmente en la resistencia mecánica final. En cambio, para altos contenidos de cemento, esta influencia resulta mucho menor.

#### 5.4 En relación al tiempo de curado:

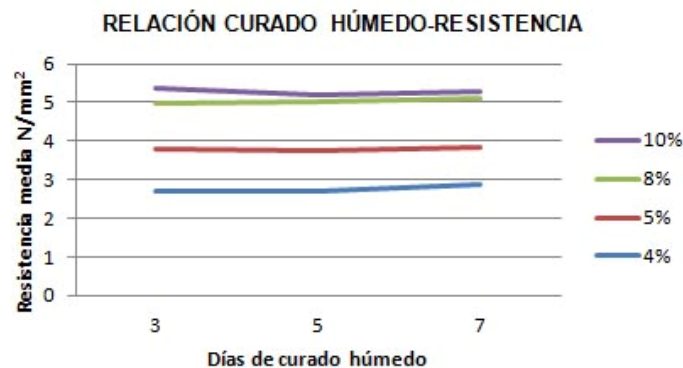


Fig. 10.- Resistencia media obtenida en función del tiempo de curado húmedo y del porcentaje de cemento utilizado en la mezcla. Fuente: Universitat sense Fronteres - USF. Proyecto Final de Grado EPSEB-UPC de Laura Tejero López, tutores: S.Bestraten-E.Hormias.

En la figura 12 se muestran las resistencias obtenidas para diferentes tiempos de curado húmedo para bloques de tierra comprimida en función del porcentaje de cemento. Tal como puede observarse, el tiempo de curado húmedo a partir del tercer día no puede considerarse un factor relevante en la resistencia mecánica adquirida por los bloques al secarse. En este sentido, un línea futura de estudio sería comprobar la resistencia de los bloques sin proceso de curado húmedo y comparar su resistencia final.



## 6.- Comparativa con resultados obtenidos en el BTC con el adobe

En proyectos anteriores llevados a cabo por UNIVERSITAT SENSE FRONTERES ya se habían realizado otros ensayos sobre adobes. A continuación se exponen los resultados obtenidos en un ensayo de rotura a compresión de 5 piezas de adobe. El bloque de adobe se caracteriza por estar elaborado mediante un molde de forma manual, sin aplicación de presión mecánica ni utilización de cemento.

id	Carga	Área	Resistencia
	KN	mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	180	80.000	2,25
2	130	80.000	1,63
3	100	80.000	1,25
4	150	80.000	1,88
5	160	80.000	2,00

Tabla 2.- Tabla de resultados de ensayo de rotura a compresión de bloques de adobe. Fuente: Universitat Sense Fronteres. Ensayos realizados en los laboratorios de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Según los datos anteriores podemos definir una resistencia característica del adobe de  $1,25\text{N/mm}^2$  y una resistencia media de  $1,84\text{N/mm}^2$ . Como puede observarse, la variabilidad de resultados en este caso es muy alta, existiendo una variación máxima en cuanto a resistencia superior al 80%.

En la tabla 3 se muestra una comparativa de las resistencias de los adobes y BTC. Puede observarse que, en cuanto a la resistencia, cabe destacar que las resistencias de los BTC se ven mejoradas notablemente por la introducción de cemento en la composición y la compresión de la materia prima, pudiendo llegar a multiplicar por 3,8 la capacidad del adobe.

Tipo de bloque	Resist. media	Resist. Característica	Coeficiente de homogeneidad
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
Adobe	1,84	1,25	1,47
BTC 4%	2,663	2,06	1,29
BTC 5%	3,877	3,132	1,24
BTC 8%	5,129	4,692	1,09
BTC 10%	5,383	4,794	1,12

Tabla 3.- Comparativa de resistencia características y medias de adobe y bloques de tierra comprimida. Fuente: Universitat Sense Fronteres. Autores.

Por otro lado, se ha añadido en la cuarta columna un coeficiente de homogeneidad, definido como el cociente entre la resistencia media y la resistencia característica. Valores altos de este coeficiente nos indican una alta heterogeneidad en las piezas ensayadas y un menor aprovechamiento de las propiedades del material. Puede observarse que el coeficiente de homogeneidad del adobe es bastante superior al de los bloques de tierra comprimida, así como dicho coeficiente mejora en los bloques de tierra comprimida con contenidos altos de cemento.

En este sentido, cabe destacar que el proceso de elaboración de los bloques de tierra comprimida y el aumento de la dosificación de cemento permite lograr una mayor homogeneidad.

## 7.- Conclusiones

La realización de ensayos sobre los materiales de construcción en los proyectos de cooperación permite validar las técnicas constructivas tradicionales adoptadas y trabajar con mayor seguridad. En relación a los resultados obtenidos en este caso concreto, los ensayos confirman, como era previsible, que un aumento en la dosificación del cemento se traduce en un aumento de la resistencia final del bloque. Pero cabe destacar, que si bien el aumento de resistencia entre valores del 4%, el 5% o el 8% es muy claro, para valores superiores el aumento de la resistencia es proporcionalmente menor.

En cuanto al peso de los bloques, se puede establecer una relación directamente proporcional con la resistencia final. Esto corrobora la necesidad de controlar aquellas variables que influyen en la densidad de los bloques de tierra, como es la dosificación previa al prensado así como la fuerza ejercida en el prensado. A estas variables hay que añadir la adecuada dosificación de agua. Por otro lado, cabe destacar que no se ha detectado una relación clara entre los días de curado húmedo y la resistencia adquirida finalmente por los bloques. Sería necesario analizar en más profundidad los tiempos de curado mínimos y su repercusión en la resistencia.

Finalmente, en comparación con el adobe tradicional, la utilización de bloques de tierra comprimida más allá del aumento importante de la resistencia a compresión, representa una mejora importante en la homogeneidad del material. En este sentido, podría ser interesante buscar mecanismos para garantizar la homogeneidad del adobe mejorando los procesos de fabricación, dado que el bloque de tierra comprimida tiene el hándicap ambiental y económico de utilizar cantidades importantes de cemento.

En relación al proyecto del Centro del Adulto Mayor, se opta por la dosificación del 4%, dado que por cálculo la resistencia característica que ofrece el material era suficiente para la estructura planteada. Solo se decide modificar esa dosificación en las 5 primeras hiladas del muro, donde se colocan BTC con una dosificación del 10%, siempre pensando en ofrecer mayor durabilidad frente a la humedad en la parte más expuesta del muro de carga. Aún así arquitectónicamente, los muros también están protegidos de la lluvia directa por porches.

La validación científica de materiales como la tierra y su difusión, refuerza la confianza de la población local en sus propios materiales y su patrimonio. La utilización y mejora de los procesos de producción de los materiales locales representa una herramienta más de fortalecimiento de la economía y el tejido empresarial local. El Patrimonio Cultural de la Chiquitanía seguirá vivo mientras la juventud se siga identificando con los valores culturales esenciales transmitidos por sus padres y por su propio Patrimonio.

## Citas y Notas

1. Guillaud, H.; Joffroy, T. y Odul, P. *Blocs de terre comprimée, Volume II. Manual de Conception et de construction*. CRATerre-EAG. Alemania. 1995.
2. Bestraten, S; Hormias, E; Altemir, A. Construcción con tierra en el siglo XXI. Informes de la Construcción, 63 (523): 5-20 doi:10.3989/ic. 10.046.
3. Houben H. y Guillaud, H. *Traité de construction en Terra*. Editions Parenthèses. Francia. 1995. p.406

## Bibliografía

Norma UNE 41410:2008. Bloque de tierra comprimida.  
Minke, G. *La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Ed. Ecohogar. 2010.  
Jagadish, K.S. *Building with Stabilized Mud*. I.K. International Publishing House. 2007.  
Walker, P; Keable, R; Martin, J.; Maniatidis, V. *Rammed Earth. Design and construction guidelines*. BRE bookshop. 2005